

*Über die Farben, welche trübe Medien im auffallenden
und durchfallenden Lichte zeigen.*

Von dem w. M. Prof. Brücke.

(Gelesen in der Sitzung vom 29. Juli 1832.)

Trübe Medien erscheinen im auffallenden Lichte und vor einem dunkeln Hintergrunde betrachtet blau, im durchfallenden Lichte gelb oder roth. Die ersten Beobachtungen in Rücksicht auf diese Thatsache rühren von Leonardo da Vinci her, der sie in seinem *Trattato della pittura* benutzt, um die Farben des Himmels und der Landschaft zu erklären. Es ist bekannt, dass G ö t h e sie in das Truggewebe seiner Farbenlehre verflocht, indem er sie, wie er sich selbst ausdrückt, als ein Urphänomen auffasste und dadurch in den Köpfen Vieler eine beträchtliche Verwirrung hervorbrachte. Indessen verdanken wir ihm die ausgedehntere empirische Begründung des oben ausgesprochenen Satzes durch eine Sammlung von Beispielen ¹⁾, welche, der gewöhnlichen Anschauung entnommen, dem Laien wie dem Physiker zugänglich sind, und seine Farbenlehre, namentlich bei den Malern zu Ehren gebracht haben, da diese täglich Gelegenheit finden, sich von der Richtigkeit der G ö t h e'schen Angaben zu überzeugen und, nicht gewöhnt an methodische Forschung, leicht geneigt sind, Schlüsse ohne Weiteres für richtig zu halten, wenn sie die Beobachtungen bestätigt finden, auf welche sich dieselben stützen. Bei meinen Untersuchungen über den Farbenwechsel des Chamäleons fand ich, wie gewisse Farben dieses Thieres dadurch entstehen, dass ein helles Pigment, welches als trübes Medium wirkt, über ein dunkles gelagert wird. Es erinnerte mich dies wiederum daran, dass, so viel auch G ö t h e's Farbenlehre besprochen worden ist, man doch niemals eine allgemeine und dabei dem gegenwärtigen Zustande unserer optischen Kenntnisse homogene Erklärung von den von ihm und von Leonardo da Vinci in Rücksicht auf die trüben Mittel beobachteten Thatsachen gegeben hat.

Da mir eine zoophysiologische Abhandlung über das Chamäleon nicht der geeignete Ort schien, um auf diesen rein physikalischen Gegenstand näher einzugehen, so habe ich mir vorbehalten in einer

¹⁾ G ö t h e's Farbenlehre. Didactischer Theil. X. §. 145—172.

andern Classensitzung wieder auf denselben zurückzukommen, um ihn in seinen einzelnen Punkten zu erörtern.

Es drängt sich uns zunächst die Frage auf: Was sind trübe Medien? Trübe Medien sind Gemenge zweier oder mehrerer Medien von verschiedenem Brechungsvermögen, bei welchen die einzelnen Partikeln der eingemengten Substanzen so klein sind, dass sie nicht als solche in die Augen fallen, sondern nur dadurch wahrgenommen werden, dass sie die Durchsichtigkeit des Ganzen schwächen, sowohl indem ein Theil des Lichtes an ihren Grenzflächen reflectirt, als auch weil das durchgehende Licht durch die Brechung theilweise zerstreut wird. Trüb und undurchsichtig sind deshalb nur relative Bezeichnungen für die Eigenschaften der Medien; denn jedes trübe Medium kann undurchsichtig und selbstundurchscheinend genannt werden, sobald man davon eine so dicke Schicht in Betracht zieht, dass kein Licht mehr hindurchgelassen wird. Wir stellen uns für unsere Untersuchungen zunächst die einzelnen Medien des Gemenges als farblos durchsichtig vor, damit dasselbe keine eigene Farbe habe, das heisst keine solche, die davon herrührt, dass eines der zusammensetzenden Medien als solches auf Licht von verschiedener Wellenlänge eine verschiedene Absorption ausübt.

Ein solches an sich farbloses trübes Medium erscheint nun vor einem dunkeln Grunde im auffallenden Lichte betrachtet blau oder bläulich grau, im durchfallenden Lichte bräunlich, gelb, orange oder roth. Das heisst in die Sprache der Undulationstheorie übersetzt: Das Medium reflectirt vorherrschend Licht von kurzer Schwingungsdauer, und lässt vorherrschend Licht von langer Schwingungsdauer hindureh.

Dass dies im Allgemeinen bei trüben Medien der Fall sein müsse, ergibt sich aus der Natur derselben und aus den Formeln für die Intensität des reflectirten und des gebrochenen Strahles. Bezeichnet man mit A_i das Maximum der Ausweichung eines Äthermoleculs im einfallenden und mit A_r das Maximum der Ausweichung eines Äthermoleculs im zurückgeworfenen Strahle, mit i und ρ den Einfallswinkel und den Brechungswinkel und mit Z_i das Azimut der Polarisationssebene des einfallenden Strahles, so hat man für die Intensität des reflectirten Strahles bekanntlich

$$A_r^2 = \left\{ \frac{\sin^2(i-\rho)}{\sin^2(i+\rho)} \cos^2 Z_i + \frac{\tan^2(i-\rho)}{\tan^2(i+\rho)} \sin^2 Z_i \right\} A_i^2.$$

Da man jeden Strahl gemeinen Lichtes für unsere Zwecke als zusammengesetzt betrachten kann aus zwei Strahlen von der halben Intensität, welche senkrecht auf einander polarisirt sind, so hat man, falls das einfallende Licht nicht polarisirt ist, für die Intensität des zurückgeworfenen

$$A_r^2 = \frac{1}{2} A_i^2 \left\{ \frac{\sin^2 (i - \rho)}{\sin^2 (i + \rho)} + \frac{\operatorname{tg}^2 (i - \rho)}{\operatorname{tg}^2 (i + \rho)} \right\}.$$

Indem nun $i - \rho$ immer kleiner als 90° ist, und man für jeden gegebenen Werth von $i + \rho$ einen um so grösseren Werth für $i - \rho$ erhält, je stärker der Strahl gebrochen wird, so ist es klar, dass die brechbareren Strahlen unter allen Umständen stärker zurückgeworfen werden müssen, als die minder brechbaren, so lange nicht totale Reflection für alle eingetreten ist. Bei jeder Reflection also von gemischtem Lichte, bei welcher noch ein gebrochener Strahl existirt, tritt eine chromatische Zerlegung in der Weise ein, dass der gebrochene Strahl relativ mehr Licht von langer, der zurückgeworfene mehr Licht von kurzer Schwingungsdauer enthält als der einfallende. Bei einer einmaligen Reflection ist dieser Unterschied so gering, dass er in der Regel gar nicht beachtet wird; er entgeht indessen dem Auge des Malers nicht, der sehr wohl weiss, dass er seine Spiegelungen immer in einem etwas blauerem Tone halten muss, als die Objecte, von denen das gespiegelte Licht ausgeht. Denken wir uns aber, dass der ersten Reflection eine zweite, dritte, vierte u. s. w. folge, so wird die Intensität des zurückgeworfenen Strahles immer mehr abnehmen, aber auch seine Farbe sich immer mehr von der des ursprünglichen entfernen, indem die Strahlen von kurzer Schwingungsdauer in ihm immer mehr das Übergewicht erlangen.

In den trüben Medien nun, in denen die Lichtreflection an einer grossen Menge von kleinen durchsichtigen Körpern vor sich geht, reflectirt jeder einzelne offenbar nicht nur das Licht, welches primär auf ihn fällt, sondern auch das, welches ihm von den benachbarten zugeworfen wird, und in den so entstehenden vielfachen Reflectionen finde ich den ersten Grund, wesshalb an sich farblose trübe Medien uns im auffallenden Lichte allgemein mehr bläulich als im durchfallenden erscheinen. Wenn man aber verschiedene trübe Medien untersucht, so wird man bald finden, dass der Unterschied zwischen der Farbe des auffallenden und der des durchfallenden Lichtes bei ihnen einen sehr verschiedenen Grad hat. Er ist z. B. sehr gering bei einer

Trübung durch oxalsauren Kalk, schon grösser bei einer Trübung durch schwefelsauren Baryt, aber im höchsten Grade auffallend bei einer Trübung, die man durch Zusatz von Ammoniak zu der Lösung eines Thonerdesalzes hervorgebracht hat. Diese erscheint im durchfallenden Lichte gelb, in dickeren Schichten orange und roth, während eine dünne Schicht vor einem dunkeln Grunde eine schöne matt lasurblaue Farbe zeigt.

Untersucht man nun diese Trübungen unter dem Mikroskope, so zeigt sich der oxalsaure Kalk als ein grobkörniger krystallinischer Niederschlag; der schwefelsaure Baryt ist schon feinkörniger, am allerfeinsten aber das Thonerdehydrat, welches nur theilweise körnige Massen darstellt, während andere Stellen wie bräunliche Schleier unter dem Mikroskope erscheinen, welche keine Vergrösserung mehr aufzulösen vermag. In ähnlicher Weise findet man auch bei anderen trüben Medien, dass die Dimensionen der trübenden Elemente einen wesentlichen Einfluss auf die Lebhaftigkeit der besagten Farberscheinungen haben.

Es lässt sich dies dahin erklären, dass je kleiner die Theilchen werden und je näher sie desshalb an einander rücken müssen, um einen gewissen Grad der Trübung hervorzubringen, um so zahlreicher und wirksamer auch die vielfachen Reflectionen und Brechungen werden, von denen die Steigerung der Farben abhängt. Andererseits aber ist es klar, dass wenn die trübenden Theilchen einen gewissen Grad der Kleinheit erlangen, sie zu Interferenzfarben Veranlassung geben müssen, die sich freilich mit einander zu Weiss vermischen werden, wenn kleine Theilchen von allen verschiedenen Grössen nach gewissen Gesetzen mit einander gemengt sind, aber auch irgend eine andere Farbe geben können, wenn vorherrschend Theilchen von einer bestimmten Grösse vorhanden sind. In der That lässt es sich nachweisen, dass gerade in solchen trüben Medien, welche die in Rede stehenden Farben in sehr auffallender Weise zeigen, die trübenden Theilchen so klein sind, dass sie zu Interferenzerscheinungen Veranlassung geben müssen.

Bekanntlich war schon Newton der Meinung, dass das Blau des Himmels ein Blau erster Ordnung sei, welches durch Reflection an sehr kleinen Wassertheilchen in derselben Weise entstehe, wie das Blau erster Ordnung im Farbenglase durch Reflection an einer sehr dünnen Luftschicht.

Diese Ansicht des grossen Mannes, welche vielfältig angefochten war, hat in neuester Zeit einen ausgezeichneten Vertheidiger an Dr. Clausius (Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie Bd. LXXVI, p. 188) gefunden, der aber zugleich nachweist, dass Newton im Irrthume gewesen ist, wenn er die Farben der Wolken für Farben höherer Ordnung hielt, welche als solche durch Reflection an grösseren Wassertheilchen hervorgebracht würden, indem die Wolken das Licht nur in der Farbe zurücksenden, in der es auf sie gefallen ist. Es lässt sich gegen die Ansicht Newton's, so wie gegen Clausius' Vertheidigung derselben, ein auf den ersten Anblick sehr schlagender Einwand erheben, nämlich der, dass das sogenannte Blau erster Ordnung, wie ich im Jahre 1848 in einem Aufsätze in Poggendorff's Annalen (Bd. LXXIV, p. 582) gezeigt habe, nur ein schwachbläuliches Grau ist, welches am meisten mit der Farbe der Herschel'schen sogenannten lavendelgrauen Strahlen übereinstimmt, und mit dem Blau des Himmels, welches, wenn es schön und tief ist, vielmehr dem Blau der zweiten Ordnung gleicht, keinerlei Ähnlichkeit hat. Dennoch glaube ich, dass Newton's Ansicht die richtige ist und dass sich der so eben erhobene Einwand durch folgende Betrachtung beseitigen lässt.

Das Grau erster Ordnung nimmt im Farbenglase eine sehr bedeutende Breite ein, indem es an dem Punkte beginnt, an welchem die Herschel'schen lavendelgrauen Strahlen zuerst aus dem Dunkel auftauchen und sich bis zu dem Abstände fortsetzt, bei welchem das Blau seine grösste Intensität erreicht hat. Hier nimmt es, sehr hell werdend, einen schwachen Stich ins Grüne an und geht gleich darauf ins Gelb über, indem jetzt die Intensität des Grün und Gelb ins Maximum tritt, während die des violetten Endes des Spectrums schon wieder geschwächt ist. Betrachten wir nun einmal eine bestimmte Zone unseres Grau, z. B. diejenige, bei welcher für eine gegebene Incidenz der Gangunterschied der beiden reflectirten Strahlen des blauen Lichtes eine ganze Wellenlänge beträgt, dann werden Strahlen von allen Wellenlängen reflectirt werden, aber die Intensitätsverluste werden nach den Wellenlängen verschieden und der des Blau am geringsten sein. Denken wir uns, dass das so entstandene graue Licht ein zweites, drittes, viertes, etc. Mal unter derselben Incidenz an Schichten von derselben Dicke und Substanz reflectirt werde, so ist es klar, dass unter der Voraussetzung, dass das Azimut der

Polarisationsebene immer dasselbe ist, für die einzelnen Farben der Quotient der Intensität des einfallenden Strahles, dividirt durch die Intensität des zurückgeworfenen Strahles bei allen Reflectionen ein und derselbe sein wird.

Nennen wir also die Intensitäten der Farben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett

$$J_1; J_2; \dots J_6$$

und ihre Intensitäten nach der ersten Reflection

$$J_1 Q_1; J_2 Q_2 \dots J_6 Q_6$$

so ist es klar, dass sich ihre Intensitäten nach der n^{ten} Reflection unter einander verhalten, wie sich unter einander verhalten

$$J_1 Q_1^n; J_2 Q_2^n \dots J_6 Q_6^n$$

und da alle Q echte Brüche sind, und der grösste unter ihnen Q_5 , so wird bei jeder neuen Reflection die Farbe des zurückgeworfenen Lichtes mehr in Blau übergehen.

Wenn also in einem trüben Medium die trübenden Theile, von denen der eine dem andern das von ihm reflectirte Licht zuwirft, einen Durchmesser gleich dem vierten Theile einer Wellenlänge des blauen Lichtes haben, so lässt sich wohl einsehen, wie dadurch zwar kein reines Blau, welches auch am Himmel nie wahrgenommen wird, wohl aber eine viel blauere Farbe entstehen kann, als das sogenannte Blau der ersten Ordnung, welches durch Reflection an einer Schicht von der besagten Dicke entsteht. Es ist hiezu aber auch nicht nöthig, dass alle trübenden Elemente gerade von ein und derselben und der besagten Grösse sind, sondern es ist hinreichend, dass ihr Durchmesser im Allgemeinen kleiner sei als $\frac{1}{4}$ Wellenlänge des grünen Lichtes, weil dann durch die Schwächung der minder brechbaren Strahlen im weissen Lichte dasselbe in Blau umgewandelt wird, wie ja auch das schöne Blau zweiter Ordnung nicht darin seinen Grund hat, dass an dieser Stelle des Ringsystems nur blaues Licht reflectirt würde, sondern lediglich darin, dass sich an dieser Stelle Roth, Orange, Gelb und Gelbgrün im Allgemeinen in dunkeln oder minder lichtstarken, Blaugrün, Blau und Violett dagegen in helleren Phasen befinden. Je mehr grössere Elemente sich unter den trübenden befinden, um so weniger schön und gesättigt, d. h. um so mehr mit Weiss oder Grau gemischt, wird das Blau sein, indem dadurch um so mehr gelbes und rothes Licht zurückgeworfen wird.

Es kann endlich noch gefragt werden, ob der Fall vorkommt, dass die trübenden Elemente in einem Medium hinreichend klein sind, damit nicht Blau sondern Violett als Farbe des auffallenden Lichtes zur Erscheinung komme. Ich habe denselben einmal beobachtet, und zwar an dem weissen Pigmente der Haut des Chamäleons, welches in einer dünnen Schichte über einem schwarzen Grund gelagert, eine Farbe gibt, die mehr violett als blau ist und unter den Aquarellfarben am meisten der sogenannten Neutralfinte (*teinte neutre*) entspricht.

Man kann in dem Blau, welches trübe Medien im auffallenden Lichte zeigen, sehr verschiedene Abstufungen unterscheiden, je nach der Dicke der Schicht, welche vor dem dunkeln Hintergrunde ausgebreitet ist. Am meisten gesättigt, aber auch am dunkelsten, am lichtärmsten, ist es so lange die Schicht dünn ist. Je dicker die Schicht wird, um so heller, aber auch um so blässer wird es und geht am Ende in ein bläuliches Weiss über. Es hängt dies zusammen mit der chromatischen Zerlegung, welche das Licht bei seinem Fortschreiten in dem trüben Medium erleidet. Wir haben angenommen, dass die Substanzen, aus denen das trübe Medium gemengt ist, farblos durchsichtig sein sollen, und mithin auch, dass, wenn weisses Licht einfällt, das in dem Medium absorbirte weiss sei, und durch die Absorption keine Änderung der Farbe bedingt werde. Da nun von dem Eintritte des weissen Lichtes an vorherrschend Strahlen von kurzer Schwungsdauer reflectirt werden, so muss das fortschreitende Licht an diesen verarmen. Das aus den tieferen Schichten reflectirte Licht wird also auch nicht mehr blau sein können, sondern es wird weiss und endlich gelb werden, und so das Blau des aus den ersten Schichten reflectirten Lichtes neutralisiren, um so mehr, da es auf seinem Rückwege noch trübende Elemente durchwandert. Desshalb erscheint uns der Himmel auf hohen Bergen dunkler blau als in der Ebene, und im Zenith blauer als am Horizont, wo seine Farbe am hohen Tage dem Weiss sehr nahe kommt. Man kann sich leicht überzeugen, dass dies mehr von der Dicke der Schicht des trüben Mediums abhängt, durch welche man hindurch sieht, als von einer verschiedenen Beschaffenheit der unteren Luftschicht, denn wenn wir auf eine entferntere Bergkette sehen, welche an der uns zugewendeten Seite eben nicht von der Sonne beschienen wird, und desshalb einen dunkleren Hintergrund bildet, so erscheint sie uns blau, oder richtiger

gesagt, die Luft zwischen uns und ihr erscheint uns blau, wie dies schon Leonardo da Vinci deutlich auseinandersetzt ¹⁾.

Gehen wir jetzt zur Betrachtung der Farben des durchfallenden Lichtes über. Dr. Clausius ist der Meinung, dass durch den Durchgang des Lichtes durch eines der reflectirenden Elemente der Atmosphäre, als welche er sehr dünne Dampfbläschen bezeichnet, Orange entstehe, diese Farbe aber wegen der sehr ungleichen Intensität der interferirenden Wellenzüge sehr schwach sei, erst bei dem Durchgange durch viele Bläschen deutlich hervortrete und dann die Morgen- und Abendröthe, die er allgemein Orange nennt, als Complementärfarbe der Himmelsbläue hervorbringe. Es wird sich später ergeben, wie die Ansicht, dass die Farbe der Morgen- und Abendröthe sich complementär zur Himmelsbläue verhalte, eine Ansicht die Dr. Clausius mit vielen anderen ausgezeichneten Gelehrten theilt, auf einem Irrthume beruht.

Im Newton'schen Ringsysteme ist die erste Farbe erster Ordnung im durchfallenden Lichte braun, aber ihre Intensität ist gering, so dass sie nur bei schwächerer Beleuchtung wahrgenommen wird, bei stärkerer völlig verschwindet. Auch trübe Medien können im durchfallenden Lichte braun zeigen, welches dann mit zunehmender Dicke der Schicht rasch in schwarz übergeht. Sie thun dies aber auch nur bei schwächerer Beleuchtung, z. B. wenn man sie unter dem Mikroskope oder vor einem weissen, matt beleuchteten Grunde betrachtet. Wird die Intensität des durchfallenden Lichtes grösser, so verschwinden die helleren Tinten des Braun ganz, die mittleren gehen in falbes Gelb, die dunkleren in Orange über. Dies geschieht dadurch, dass das neutrale Grau, welches als in allem Braun enthaltend gedacht werden kann, durch die Verstärkung des Lichtes weiss wird. Bringt man also zwischen sich und eine möglichst weisse Flamme, oder

¹⁾ *L'azzurro dell' aria nasce dalla grandezza del corpo dell' aria alluminata, interposta fra le tenebre superiori e la terra. L'aria per sè non ha qualità d'odori, o di sapori o di colori, ma in-sè piglia le similitudini delle cose che dopo lei sono collocate, e tanto sarò di più bell' azzurro, quanto dietro ad essa saranno maggiori tenebre, non essendo essa di troppo spazio, nè di troppa grossezza d'umidità; e vedisi ne' monti che hanno più ombre esser più bell' azzurro nelle lunghe distanze, e così dove è più alluminato, mostrar più il color del monte che dell' azzurro appiccato gli dall' aria che infra lui e l'occhio s'interpone.*
(Trattato della pittura CLI.)

zwischen sich und einen von der Sonne sehr hell beleuchteten weissen Gegenstand, nach und nach immer dickere Schichten eines trüben Mediums, so ist die erste Farbe, welche man deutlich wahrnimmt ein helles, aber in Rücksicht auf seinen Farbenton dem Orange schon nahe stehendes Gelb, dann folgt bei wachsender Dicke Orange und endlich Roth.

Um die Erklärung für diese Erscheinung zu finden, blicken wir auf die Deduction zurück, mittelst welcher ich Seite 541 gezeigt habe, dass durch vielfache Reflexion aus dem Grau erster Ordnung wirklich Blau entstehen könne. Behalten wir die dort gebrauchten Bezeichnungen bei, so ist es klar, dass bei dem Forttrücken durch das trübe Medium eine Lichtsorte durch die aufeinander folgenden Reflexionen um so rascher geschwächt werden muss, je grösser für dieselbe Q ist. Diejenige, für welche Q am kleinsten ist, wird sich am längsten erhalten. Wir haben nun früher, behufs der Erklärung der blauen Farbe des reflectirten Lichtes, angenommen, dass Q je nach der Grösse der einzelnen trübenden Partikeln am grössten sein soll für die blauen und demnächst für die violetten und blaugrünen Strahlen, kleiner also für die gelbgrünen, gelben, orangefarbenen und rothen, und da unter diesen das Roth die grösste Wellenlänge hat, so wird Q_1 für die grosse Mehrzahl der Reflexionen kleiner sein als alle übrigen Q . Das Roth also wird sich am längsten erhalten und die grössten Dicken eines trüben Mediums durchwandern können, demnächst die orangefarbenen und demnächst die gelben Strahlen. Hierdurch erklärt sich leicht, wie, je nach der Menge der trübenden Elemente in der Atmosphäre, das schön-rothe oder orangefarbene Licht entsteht, mit welchem die auf- und untergehende Sonne die Landschaft, die Wolken und einen Theil des Himmelsgewölbes selbst färbt.

In Rücksicht auf das hier Gesagte kann nun noch die Frage aufgeworfen werden, ob denn auch eine Schicht trüben Mediums, wenn sie so dick geworden ist, dass sie im durchfallenden Lichte roth erscheint, nun im auffallenden Lichte grün sei. Ich muss diese Frage nach meinen Versuchen mit Nein beantworten. Bei solcher Dicke erscheinen trübe Medien im auffallenden Lichte immer bläulichweiss. Man bemerkt freilich am Morgen- und Abendhimmel oft entschieden grüne Tinten, aber nur sobald das Sehfeld mit rothem Lichte so erfüllt ist, dass man Verdacht schöpfen muss, das Grün sei nur sub-

jectiv, wenn man die Täuschungen kennt, welchen man in dieser Hinsicht ausgesetzt ist ¹⁾).

So viele verschiedene trübe Medien ich mir auch dargestellt habe, so ist es mir doch niemals gelungen, ein solches zu finden, das während es im durchfallenden Lichte roth war, im reflectirten grün gewesen wäre; sie wären alle bläulichweiss wie ein Milchglas. Um diese Thatsache zu erklären müssen wir uns fragen, welche Art von Grün wir denn nach der Farbe des durchfallenden Lichtes zu erwarten hätten, d. h. wir müssen fragen, welche Farbe ist die Complementärfarbe des Roth des durchfallenden Lichtes. Dieses Roth ist ein zusammengesetztes, welches in Rücksicht auf seinen Farbenton zwischen dem Orange und dem äussersten Roth des Spectrums steht und sich diesem um so mehr nähert, je dicker die Schicht wird. Ein solches Roth lässt sich mittelst des Polarisationsapparates nicht in hinreichender Schönheit darstellen, um sein Complement direct aufzusuchen; dagegen zeigt aber das dritte System der Newton'schen Ringe im auffallenden Lichte ein schönes Gras- oder Papageigrün, dessen durch den Polarisationsapparat bestimmtes Complement ²⁾ sich nicht als unser Roth und auch nicht als das reine Roth des Spectrums erweist, sondern als ein sich dem Purpur näherndes Roth, das am meisten mit der Farbe der Rosen zu vergleichen ist, eine Farbe die im Spectrum gar nicht vorhanden, sondern die man erst erhält, wenn man die äussersten Enden zweier Spectra über einander fallen lässt. Hieraus geht also hervor, dass das Complement unseres Roth nicht Gras- oder Papageigrün, sogenanntes eigentliches Grün, sein kann, sondern dass es entschieden ein Blaugrün sein muss ³⁾).

Die zweite Frage wird die sein, nach dem Sättigungsgrade des Grün, welches wir zu erwarten haben. Wenn sich uns irgend eine Farbe darbietet, so können wir dieselbe allgemein als aus zwei Complementärfarben zusammengesetzt betrachten ⁴⁾), von denen ich die,

¹⁾ Vergl. E. Brücke über die subjectiven Complementärfarben. Denkschriften Bd. III. — Poggendorff's Annalen Bd. LXXXIV, pag. 418.

²⁾ Vergl. meine oben citirte Abhandlung über die Newton'schen Farbenringe in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie.

³⁾ Die Versuche von Helmholtz (über die Theorie der zusammengesetzten Farben. Berlin 1852), weisen auch für das reine Roth des Spectrums Blaugrün und nicht eigentliches Grün als Complementärfarbe nach.

⁴⁾ Man muss wohl unterscheiden zwischen einer Complementärfarbe und dem Complement einer Farbe. Zwei Felder können mit Complementärfarben

welche im Überschusse vorhanden ist, die tonangebende nennen will, weil sie den Ton der ganzen Farbe bestimmt, d. h. den Ort, welchen man ihr, der natürlichen Verwandtschaft nach, im Farbenkreise anweisen würde, oder in einem Spectrum, welches man sich so zusammengebogen denkt, dass rothes und violettes Ende über einander greifen und die fehlenden Zwischenstufen zwischen Roth und Violett ergänzt werden. Es ist dies stets eine Farbe, welche selbst kein Weiss oder Grau enthält, welche aber, mit einer grössern oder geringeren Menge von Weiss oder neutralem Grau gemischt, die zu untersuchende Farbe gibt.

Bezeichnet man die Lichtintensität dieser tonangebenden Farbe selbst mit α , die der Complementärfarbe mit β , so drückt die Formel

$$\frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta}$$

den Sättigungsgrad oder die Intensität der Farbe als solcher aus, welche nicht zu verwechseln ist mit ihrer Lichtintensität, die vielmehr durch $\alpha + \beta$ gemessen wird. Ist $\alpha = \beta$ so ist die Intensität der Farbe als solcher gleich 0, d. h. sie ist weiss oder bei schwächerer Lichtintensität neutral grau, ist dagegen $\beta = 0$, so ist die Intensität der Farbe als solcher = 1, d. h. so gross als sie werden kann.

Mit dieser Formel stimmt also der Sprachgebrauch der praktischen Chromatik in so fern überein, als dieselbe für diejenigen Farben, welche man absolut gesättigte, ganze oder volle Farben nennt, den Werth 1 gibt, für diejenigen aber, welche man gebrochene Farben nennt, einen echten Bruch. Man kann auch mittelst dieser Formel, sobald die tonangebende Farbe bekannt ist, den Ort einer Farbe in einem dem Doppler'schen Farbenoctanten ¹⁾ analogen Schema bestimmen, wenn man diesem einen Kugelausschnitt substi-

gefärbt sein, ohne dass sie desshalb mit einander Weiss oder ein neutrales Grau geben; da sich der Ausdruck Complementärfarbe nur auf den Ton der Farbe, aber weder auf ihre Lichtintensität noch auf ihren Sättigungsgrad bezieht. Sage ich dagegen die eine Farbe sei das Complement der Anderen, so verstehe ich darunter, dass sie einander so das Gleichgewicht halten, dass sie im Sehfelde übereinanderfallend weiss oder neutrales Grau geben.

¹⁾ Versuch einer systematischen Classification der Farben. Abhandlungen der k. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften V. 5, besonders abgedruckt und in Commission bei Borrosch und André. Prag 1848.

tuirt, den man erhält, wenn man einen Radius so bewegt, dass sein peripherisches Ende an der Kugeloberfläche einen Kreis von $57^{\circ} 17' 45''$ Halbmesser beschreibt. In der Mitte des Kreises auf der Kugel stehe Weiss, auf der Peripherie desselben seien Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett und zwischen ihnen ihre Mischungsfarben aufgetragen. An der Spitze des Kugelausschnittes endlich stehe schwarz, so dass seine Axe die Linie des neutralen Grau ist. Übrigens sei Alles wie beim Doppler'schen Farbenoctanten. Dann wird man um den Ort einer Farbe in diesem Schema zu bestimmen, diejenige Farbe in ihr, welche ich die tonangebende genannt habe, auf der Peripherie des Kreises auf der Kugel aufsuchen, und durch sie und die Axe des Kugelausschnittes eine Ebene legen, in der dann jedenfalls die zu bestimmende Farbe liegt und zwar auf derselben Seite der Axe mit der tonangebenden. Bezeichnet man dann mit $\alpha + \beta$ den geradelinigen Abstand der Farbe vom Kugelcentrum, d. h. der Spitze des Kugelausschnittes, so ist wie leicht einzusehen $\alpha - \beta$ die Länge des Kreisbogens, durch welchen der Abstand der Farbe von der Axe des Kugelausschnittes gemessen wird und somit ihr Ort bestimmt. Ist also $\alpha = \beta$, so fällt die Farbe in die Linie des neutralen Grau, ist $\beta = 0$ so fällt, da für $57^{\circ} 17' 45''$ der Bogen näherungsweise gleich dem Radius ist, die Farbe in den Mantel des Kugelausschnittes, auf dem die vollen Farben in ihren verschiedenen Lichtintensitäten aufgetragen sind.

Denken wir uns nun eine Quantität weissen Lichtes aus rothem und grünem zusammengesetzt und in zwei ungleiche Theile zerlegt, in welchen die rothen und grünen Strahlen einander nicht mehr das Gleichgewicht halten, so wird der eine Theil roth erscheinen, der andere in dem complementären Grün; aber die Intensität der Färbung kann in beiden Theilen sehr verschieden sein. Seien α_0 und α_1 die Lichtintensitäten der rothen; und β_0 und β_1 die der grünen Strahlen in beiden Theilen, so ist die Intensität der Färbung für den einen Theil

$$f_0 = \frac{\alpha_0 - \beta_0}{\alpha_0 + \beta_0}$$

für den andern

$$f_1 = \frac{\beta_1 - \alpha_1}{\beta_1 + \alpha_1}$$

und da

$$\alpha_0 + \alpha_1 = \beta_0 + \beta_1,$$

und mithin

$$\alpha_0 - \beta_0 = \beta_1 - \alpha_1$$

ist, so kann f_0 sehr gross und f_1 sehr klein sein, wenn $\alpha_0 + \beta_0$ sehr klein, und $\alpha_1 + \beta_1$ sehr gross ist.

Hiervon bietet unter anderm die Newton'sche Farbenseala sehr schöne Beispiele. Die Farben, welche im auffallenden Lichte zunächst auf das Blaugrau erster Ordnung folgen, sind bekanntlich so blass, dass sie Newton mit einander für weiss erklärte, stellt man sie aber mittelst einer dünnen Lamelle einer doppelbrechenden Substanz unter dem Polarisationsmikroskope dar, und dreht das eine Nicol'sche Prisma um 90° , so dass ihre Complementary erscheinen, so erkennt man diese als beträchtlich intensive Farben. Sucht man dagegen das schöne und gesättigte Violett der zweiten Ordnung des auffallenden Lichtes auf, und dreht dann das eine Prisma wieder um 90° , so findet man, dass das Complement ein zwar deutlich erkennbares, aber doch keineswegs sehr gesättigtes, sondern vielmehr sehr blasses Gelb ist. Die Verschiedenheit in dem chromatischen Effecte beider Complementary kann um so bedeutender sein, je grösser die Intensität des zerfallten weissen Lichtes ist; denn um so grösser kann der Unterschied in der Lichtintensität jener Complementary werden, ohne dass dadurch die des einen so geschwächt würde, dass es nicht mehr seine volle chromatische Wirkung ausüben könnte; während andererseits das hellere Complement, wenn sich seine Lichtstärke über einen gewissen für verschiedene Augen verschiedenen Grad steigert, wiederum durch Überreizung und Abstumpfung der Sehnerven-Elemente an chromatischer Wirkung verliert.

Es wird leicht sein, das bisher Gesagte auf die Farben trüber Medien anzuwenden. So lange das Blau des auffallenden Lichtes noch dunkel ist, ist der Sättigungsgrad der Farbe des durchfallenden Lichtes bei einiger Intensität des einfallenden noch gering, ja bei grosser die Farbe noch gar nicht bemerkbar. Je dicker aber die Schicht wird, um so blässer wird das Blau, und um so gesättigter wird die Farbe des durchfallenden Lichtes, so dass wir jedenfalls bei einer so dicken Schicht, dass das durchfallende Licht nicht mehr orange, sondern roth ist, für das zurückgeworfene nur noch eine sehr schwache Färbung erwarten können. Eine solche ist auch vorhanden

aber sie ist nicht, wie man erwarten sollte blaugrün, sondern blau; es fehlt uns also eine kleine Menge gelben Lichtes von welcher wir bis jetzt nicht wissen, wo sie geblieben ist. Ich glaube indessen, dass man auch über diese Rechenchaft geben kann.

Wir haben angenommen, dass die einzelnen Substanzen, deren Gemenge das trübe Medium bildet, farblos durchsichtig sind und daraus bisher geschlossen, dass alle Strahlen durch die Absorption in demselben gleichviel an Intensität verlieren. Letzteres ist aber offenbar nur der Fall, wenn sie alle einen gleich langen Weg durch das trübe Medium zurücklegen. Denkt man sich nun eine unendlich dicke Schicht eines trüben Mediums, in welche weisses Licht eindringt, so werden sich die Strahlen von grosser Wellenlänge nach dem bisher auseinander gesetzten länger in demselben erhalten und tiefer eindringen als die Strahlen von kleiner Wellenlänge, sie werden also auch ehe sie endlich vollständig verbraucht sind, mehr durch Absorption verloren haben. Das hier reflectirte Licht kann also nicht ganz weiss sein, sondern da in ihm auch bei unendlicher Dicke der trüben Schicht die Strahlen von kurzer Wellenlänge noch vorherrschen, wird es immer ein wenig bläulich sein, welche Farbe besonders bei mässiger Intensität des einfallenden Lichtes wahrnehmbar ist. So wird z. B. ein noch so dickes Stück weissen Milchglases sich immer durch seinen etwas bläulichen Ton von dem schon in dünnen Schichten undurchsichtigen weissen Glase unterscheiden, aus welchem die sogenannten Kreideperlen verfertigt werden. Hat nun die Schicht des trüben Mediums eine solche Dicke, dass sie das Licht mit rother Farbe hindurchfallen lässt, so erleidet eine grössere Menge der rothen und der ihnen zunächst liegenden orangefarbenen Strahlen einen geringeren Absorptionsverlust, da sie ihren Weg nicht durch das trübe Medium zurücknehmen. Nunmehr ist es also das gelbe Licht, welches den grössten Absorptionsverlust erleidet, wir müssen also, wenn wir das reflectirte und durchfallende Licht zusammen addiren, Weiss weniger einer geringen Menge Gelb erhalten, das heisst ein blasses Violett, die sogenannte Lilafarbe, und diese erhalten wir auch in der That, wenn wir uns das durchfallende Roth zu dem reflectirten bläulichen Weiss hinzu addirt denken.

Hiermit glaube ich die Farben der trüben Medien unter der Voraussetzung hinreichend erklärt zu haben, dass alle in die Zusammensetzung desselben eingehenden Substanzen farblos durchsichtig sind.

Ist das getrübe Medium blau, wie dies z. B. beim Wasser der Fall ist, so muss von der Complementärfarbe natürlich relativ mehr verloren gehen und dies die Farben entsprechend verändern, ist das Medium gelb, so wird die Farbe des auffallenden Lichtes nicht blau sondern grün sein, wie dies z. B. an denjenigen Hautstellen des Chamäleons der Fall ist, an welchen das oberflächliche helle Pigment nicht weiss, sondern gelb ist u. s. w.

Die Anwendung von dem, was hier im Allgemeinen von den trüben Medien gesagt ist, auf die Farbenercheinungen der Atmosphäre, ist so einfach, dass ich kaum nöthig habe darauf zurückzukommen. Es wird einleuchtend sein, wesshalb die Farbe der Morgen- und Abendröthe nicht das Complement der Himmelsbläue ist, sondern viel mehr Roth enthält als dieses, so wie dass die purpurfarbenen und violetten Tinten durch Vermischung des blauen reflectirten mit dem rothen durchfallenden Lichte entstehen *). Es wird einleuchtend sein, dass wir keine Ursache haben das Sonnenlicht an und für sich für gelb zu halten, sondern dass die gelbe Färbung von der Atmosphäre herrührt, und dass uns dieselbe, wenn die Sonne hoch am Himmel steht, desshalb so wenig intensiv erscheint, weil im Verleiche zu der ganzen ungeheuern Lichtmenge der relative Verlust an kurzwelligen Strahlen nur wenig in Betracht kommt (Vergleiche Seite 548). Es wird ferner klar sein, dass uns der Mond hoch am Himmel stehend weisser erscheint als am Horizont, weil zwischen uns

1) Helmholtz hat in seiner oben citirten Abhandlung über die Theorie der zusammengesetzten Farben gezeigt, dass Gummi Gutti oder Chromgelb mit Bergblau oder Ultramarin auf dem Farbenkreisel neutrales Grau erzeugen, wenn man die einzelnen Sectoren aufstreicht, während ihre Mischung, wie bekannt, grün ist, und dass in Übereinstimmung damit das Gelb des Spectrums mit dem tiefen Blau, welches Newton mit dem Namen Indigo belegte, weiss gibt, also diesem complementär ist. Hiermit stimmen die Angaben des Polariskops völlig überein, indem auch dieses als Complement des tiefen Blau wie es der Himmel auf Bergen häufig, in der Ebene nur bei vorzüglich durchsichtiger Luft zeigt, ein schönes Hochgelb nachweist. Das Complement des wahren Orange, der Farbe der Frucht von *Citrus Aurantium*, ist ein Blau, welches nah an der Grenze des Grün steht, während andererseits das Complement des Violetts ein Gelb ist, welches wiederum hart an der Grenze des Grün steht, ja dieselbe überschreitet, und mit dem Übergange des Violetts in Purpur in entschiedenes Grün übergeht.

und ihm, im ersteren Falle eine dünnere Schicht des trüben Mediums ist als im letzteren, und dass er uns am hellen Tage besonders weiss erscheinen muss, weil das von der zwischen uns und ihm befindlichen Atmosphäre reflectirte blaue Licht seine gelbe Färbung compensirt.

Da ich mich aber einmal unterfangen habe, mein Fach so weit zu verlassen, dass ich von den Farbenercheinungen der Atmosphäre rede, so will ich es auch noch wagen einige Worte über die Frage hinzuzufügen, ob sich aus den Farbenercheinungen der Atmosphäre bis jetzt ein Schluss auf das Material und die Gestalt der trübenden Bestandtheile machen lasse. Dr. Clausius hat in einer eigenen Abhandlung ¹⁾ nachzuweisen gesucht, dass die lichtreflectirenden Elemente der Atmosphäre, nothwendig Wasserbläschen sein müssen. Der Gang der Beweisführung ist folgender: Es wird zunächst darauf hingewiesen, wie unwahrscheinlich es sei, dass die lichtreflectirenden Theile kleine undurchsichtige Körper seien, und dann die Lichtzerstreuung berechnet, welche kleine durchsichtige aber nicht hohle Massen, z. B. kleine Wasserkugeln durch ihre Brechung in der Atmosphäre hervorbringen müssten, wenn sie in solcher Menge vorhanden wären, dass durch sie die beträchtliche Lichtreflection derselben bedingt sein könnte. Es zeigt sich nun, dass diese so gross sein würde, dass wir statt der scharfbegrenzten Sonnenscheibe einen grossen hellen Raum sehen müssten, welcher sich vom Zenith mit allmählich abnehmender Helle bis über 60° herabstrecken würde. Es wird ferner gezeigt, dass selbst wenn man den lichtreflectirenden Massen einen viel geringeren Brechungsindex zuschreiben wollte, als der des Wassers ist, ja wenn man annehmen wollte, dass die Lichtreflection immer da vor sich gehe, wo ein Sauerstoff- und ein Stickstofftheilchen an einander grenzen, doch die durch die gleichzeitige Brechung nothwendig verursachte Lichtzerstreuung sich immer als so gross ergibt, dass dergleichen Annahmen sich in ihren Consequenzen als vollkommen unverträglich mit der täglichen Erfahrung herausstellen. Es bleibt deshalb nichts anderes übrig als anzunehmen, dass die Körper, welche das Licht reflectiren, Bläschen seien, da in solchen die Wasserschicht vermöge des Parallelismus ihrer äusse-

¹⁾ Über die Natur derjenigen Bestandtheile der Erdatmosphäre, durch welche die Lichtreflexion in denselben bewirkt wird. Bd. LXXVI, S. 161.

ren und inneren Begrenzung, ihre reflectirende Wirkung äussern kann, ohne übrigens den Lichtstrahl bleibend von seiner ursprünglichen Richtung abzulenken.

Ich kann einen Einwand gegen diesen Beweis nicht unterdrücken, der mir von Belang scheint, nämlich den, dass Dr. Clausius in der Art, wie er die Zerstreuung von der Menge des reflectirten Lichtes und den Constanten für das Brechungsvermögen der einzelnen Medien abhängig gemacht hat, die Dimensionen der trübenden Elemente nicht so berücksichtigte, wie es für die Anwendbarkeit des Resultates auf unseren Fall wünschenswerth gewesen wäre. Es ist mir gelungen aus der Erfahrung nachzuweisen, dass die Grösse der trübenden Elemente sehr wesentlich in Betracht kommen konnte, indem mit derselben die Zerstreuung, wenn die Theilchen eine gewisse Kleinheit erreicht haben, sehr rasch abnimmt.

Man nehme eine Lösung von einem Gramm des feinsten und möglichst farblosen Mastix in 87 Grammen Weingeist, und tröpfle dieselbe in Wasser, das durch stetes Umschütteln in heftige Bewegung versetzt wird, so erhält man eine trübe Flüssigkeit, welche die in dieser Abhandlung beschriebenen Farbenercheinungen in hoher Vollkommenheit zeigt. Die blauen Tinten sieht man am besten wenn man sie auf eine schwarze Glastafel oder in eine schwarze Schale giesst, um die gelben und rothen zu untersuchen, füllt man sie in eine Flasche mit parallelen Wänden, durch welche man nach hell beleuchteten weissen Gegenständen, nach der Sonne selbst oder nach einer Flamme sieht. In dieser Flüssigkeit in der man die trübenden Elemente doch schwerlich für Bläschen halten kann, stehen Lichtreflection und Zerstreuung in keinem wesentlich anderen Verhältnisse zu einander als in der Atmosphäre. Sieht man durch eine Schicht hindurch, welche im auffallenden Lichte himmelblau erscheint, so erblickt man alle beleuchteten Gegenstände vollkommen deutlich und scharf begrenzt, nur schwach gelblich gefärbt. Sieht man durch ein solches Medium nach einer Flamme, und macht die Schicht immer dicker oder das Medium durch Hinzufügen von mehr Mastixlösung trüber, so erscheint die Flamme immer röther und verliert immer mehr an ihrer Lichtintensität, aber sie erscheint noch immer vollkommen scharf begrenzt, so dass man sehr deutlich wahrnehmen kann, wie zuletzt die lichtärmeren Theile der Flamme ganz verschwinden und nur diejenigen noch sichtbar bleiben, welche rothe und

orangefarbene Strahlen in grösserer Menge enthalten. Einen prächtigen Anblick gewährt es, wenn man durch eine solche Flüssigkeit nach der Sonne sieht, indem dieselbe dann mit den sie umgebenden und von ihr erleuchteten Wolken in der schönen Farbe der Abendröthe prangt, während der blaue Himmel sich dunkel, fast schwarz dagegen absetzt.

Es ist leicht zu zeigen, dass dieses Verhalten, vermöge dessen man sich die Entstehung der Farbenercheinungen der Atmosphäre so schön veranschaulichen kann, wesentlich an die Dimensionen der trübenden Elemente gebunden ist. Man nehme eine concentrirte weingeistige Lösung von demselben Mastix und fülle sie durch Zusatz von Wasser, dann erhält man eine Mastixmilch, durch deren Verdünnung mit mehr Wasser man sich trübe Medien von verschiedenen Durchsichtigkeitsgraden verschaffen kann. Diese aber haben wesentlich andere Eigenschaften. Erstens ist der Unterschied, welchen ihre Farben im auffallenden und durchfallenden Lichte zeigen ausserordentlich viel geringer, und zweitens lassen sie die Gegenstände nicht mehr deutlich erkennen durch Schichten, von welchen weit weniger Licht reflectirt wird, als von solchen der vorherbeschriebenen Flüssigkeit, durch welche alle Einzelheiten der Gegenstände noch aufs Schärfste erkannt wurden.

Vielleicht könnte jemand glauben, dass das ungleiche Verhalten beider Flüssigkeiten von ihrem ungleichen Alkoholgehalte abhängt; man kann sich aber überzeugen, dass dies nicht der Fall ist. Man füge der alkoholärmeren so viel Weingeist hinzu, dass sie die alkoholreichere wird, und dann wieder so viel Mastixmilch, dass die von ihr reflectirte Lichtmenge wieder so gross wird wie vorher, und man wird finden, dass sich ihre optischen Eigenschaften, so weit wir dieselben betrachten, nicht wesentlich geändert haben.

Nun untersuche man unter dem Mikroskope die mittelst Mastixmilch bereitete trübe Flüssigkeit. Man wird in ihr schon bei zwei- bis dreihundertmaliger Linearvergrößerung viele Mastixkügelchen schwimmen sehen, deren Zahl sich bei Anwendung stärkerer Vergrößerungen noch vermehrt. Untersucht man dagegen die durch Eintragen einer verdünnten Mastixlösung in Wasser bereitete trübe Flüssigkeit, so findet man in derselben wenn sie gut bereitet war, mit den verschiedensten Vergrößerungen nur einzelne Mastixkügelchen, woraus klar hervorgeht, dass dieselben der grossen Mehrzahl

nach kleiner sind, als dass sie selbst mit den stärksten Vergrößerungen entdeckt werden könnten.

Ausser der Kleinheit der trübenden Elemente muss aber auch ihre gleichmässige Vertheilung sehr wesentlich in Betracht gezogen werden. So haben wir oben gesehen, dass das Thonerdehydrat mit zu den feinsten Niederschlägen gehört, und dass durch dasselbe getrübte Flüssigkeiten, die bewussten Farbenercheinungen sehr schön zeigen; aber immer zerstreuen sie das durchfallende Licht unverhältnissmässig stark, da es nie gelingt die Trübung gleichmässig zu vertheilen, sondern sich immer Kugeln und unregelmässige Ballen bilden, die von einer Schicht des Niederschlages wie von einer Haut umschlossen sind, wovon man sich theils mit blossen Augen, theils mittels der Loupe und des Mikroskopes hinreichend überzeugen kann.

Die beschriebenen Thatsachen sprechen, wie ich glaube, klar und deutlich aus, dass man aus den optischen Eigenschaften der Atmosphäre in Rücksicht auf die Theilchen, von welchen die Himmelsbläue und die Morgen- und Abendröthe herrühren, vor der Hand keinen anderen Schluss machen, als dass sie sehr klein und im Allgemeinen mit einer gewissen Gleichförmigkeit in der Atmosphäre vertheilt sind, wenn auch die oberen Schichten davon viel weniger als die unteren enthalten.

Wenn es mir einerseits leid thut, einer Beweisführung nicht beistimmen zu können, welche uns versprach, einen wichtigen Gegenstand, über den man bisher nur Vermuthungen hegen konnte, allem Zweifel zu entrücken, so kann ich andererseits meine lebhafteste Freude darüber nicht verhehlen, dass ich die Ansichten zweier der grössten Geister die über unsere Erde gegangen sind, mit einander und mit der Wahrheit übereinstimmend gefunden habe, während man früher bald der einen, bald der anderen ausschliesslich anhing oder die Richtigkeit beider bezweifelte.

Leonardo da Vinci, dem keine physikalische Theorie des Lichtes zu Gebote stand, that Alles, was er in seinem Zeitalter thun konnte, indem er die Himmelsbläue davon ableitete, dass sich zwischen uns und dem dunkeln Weltraume ein trübes, an sich farbloses, beleuchtetes Medium befinde. Newton, im Besitze des Schatzes optischer Kenntnisse, welche er theils vorfand, theils selbst erworben hatte, konnte einen grossen Schritt weiter thun und sagen, dass die

Farben der Atmosphäre auf dieselbe Weise entstehen, wie die Farben des nach ihm benannten Ringsystemes, und als solche durch die trübenden Elemente der Atmosphäre hervorgebracht werden: aber der Undulationstheorie musste es überlassen bleiben, die Erklärung in Rücksicht auf die einzelnen Farbenercheinungen vollständig zu begründen.

Die Lichtmeteore in der Atmosphäre als Vorzeichen von Niederschlägen.

Von **Karl Fritsch.**

Wenn die Meteorologie sich vor wenigen Jahren noch nicht jener Anerkennung wie andere Naturwissenschaften erfreute und wie es ihre hohe Wichtigkeit für das praktische Leben verdient, so geschah es vorzüglich aus dem Grunde, weil es den Meteorologen bisher nicht gelungen ist und nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse eben nicht zu viel Hoffnung gehegt wird, ob es je gelingen wird, der Witterung ihren künftigen Verlauf so vorzuzeichnen, wie es den Astronomen zum grossen Ruhme für die Wissenschaft mit den Bewegungen der Gestirne gelungen ist.

Unser Wissen ist vorzugsweise auf die Kenntniss des mittleren (normalen) und nur selten vollständig zutreffenden Verhaltens der Witterung und wenn eine vieljährige Beobachtungsreihe vorliegt, allenfalls noch auf die Kenntniss der Grenzen beschränkt, innerhalb welcher die Mittelwerthe gleicher Zeitabschnitte auf- und abschwanken und sich nach Verschiedenheit der geographischen und physikalischen Verhältnisse der Orte, dann nach der Tages- und Jahreszeit gestalten. Alle Versuche, in den Abweichungen (Anomalien) der Witterung vom normalen Typus eine Periodicität aufzufinden, sind beinahe ohne Erfolg geblieben und werden es allem Anschein nach auch bleiben, so lange eine Reihe vergleichbarer Beobachtungen nicht vorliegen wird, welche den Zeitraum von Jahrhunderten umfasst wie es z. B. mit einzelnen Bestimmungen der magnetischen Declination bereits der Fall ist.